

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.04.003

宽体客机新开航线需求分析方法研究

Demand Analysis Method of New Routes for Wide Body Passenger Aircraft

张 伟 / ZHANG Wei^{1,2}

(1. 南京航空航天大学, 南京 210016; 2. 中国商用飞机有限责任公司, 上海 200126)

(1. Nanjing University Aeronautics and Astronautics, Nanjing 200126, China;

2. Commercial Aircraft Corporation of China, Ltd., Shanghai 200126, China)

摘 要:

宽体客机国际航线开辟对航空公司运营影响很大,其中新开航线市场需求分析是难点。从市场需求角度研究宽体客机新航线开拓,依据 O&D 理念分析市场需求,建立从机场服务半径开始,借助引力模型和服务质量指数模型,并以旅客溢出结束的完整宽体客机新开航线市场需求分析系列模型。最后用实际航线案例验证该模型的可信度和可行性。

关键词: 机场服务半径; 引力模型; 服务质量指数模型; 旅客溢出

中图分类号: F407.5

文献标识码: A

[Abstract] The effect of wide body new routes operation is remarkable, and the demand analysis of new routes is difficult. This article studies the demand of wide body new routes, based on O&D philosophy to understand demand, establishing the serial models to complete the analysis from airport service radius to gravity model, and QSI model, ending with passenger spill. At last, using actual routes analysis, the models were verified.

[Keywords] airport service radius; gravity model; quality service index model; passenger spill

0 引言

宽体客机是针对中远程航线设计的,多被航空公司用于开辟中远程国际航线。国际航线不同于国内航线,面临不能随意停航、市场营销和机票销售难度大等困难,且航段成本高,因此需谨慎分析市场需求。对于已有国际航线,一般可基于历史数据开展市场需求分析。但对于新开国际航线,没有历史数据,需要建立完整的市场需求分析模型。目前关于需求预测的研究很多,但针对宽体客机新航线市场需求分析的研究不多^[1-2]。本文以此为研究对象。

1 概述

宽体客机新开航线市场需求分析,本文研究方法如下:

首先,根据航空公司战略需求确定新开航

线区域并细化新开航线,再依据新开航线,同时选择服务质量指数(Quality Service Index,简称QSI)权重较高且需求较大的相关O&D市场。

其次,预测各相关O&D(Original & Destination)市场规划期需求。相关O&D市场包括:当地市场,即新开辟航线O&D市场;上游市场,即新开辟航线起始机场之前一次连接的O&D市场;下游市场,即新开辟航线目的机场之后一次连接的O&D市场;过桥市场,即新开辟航线起始之前和目的机场之后均一次连接的O&D市场。相关O&D市场需求使用历史数据预测。其中新开航线O&D市场需求也可使用机场服务半径和引力模型预测。但由于国际旅客基本都选择航空出行,不存在与其他出行方式竞争,因此使用历史O&D数据可覆盖航空需求。对于国内或短途旅客存在地面出行竞争,则需要使用引力模型预测新航线O&D市场需求。

再次,通过QSI模型将相关O&D市场需求分配

到该新开航线上。

最后,根据旅客溢出预测该航线实际需求。

2 机场服务半径

机场服务半径,指机场可提供航空旅行服务的范围。通常一个机场服务的合理半径是 150km,或 1.5h 车程。随着陆路交通条件的改善,这一半径会有所延伸。当然,各种社会、地理、人文条件的不同,也会使机场的服务半径有很大差异。各机场航空运输业务量与机场所在地区的社会经济存在相关关系。^[3]

在此服务半径内一般旅客都会去该机场乘机旅行,货主也都会选择该机场托运货物。超出此服务半径时,旅客会到另一个机场乘机旅行。同样,货主也会到另一个机场托运货物。

当两个机场的间距小于 300km(2 倍机场服务半径)时,其服务半径的交叉区域就成了共同市场。消费者会根据机场提供的服务及价格情况做出相关选择,这就是两个机场竞争的市场。当两个机场的距离大于 300km(2 倍机场服务半径)时,超越机场合理服务半径区域内的消费者也具有同样的选择机会。当消费者临近机场没有前往目的地的航班时,离消费者最近并能提供所需航班服务的两个机场也就成了选择对象。有效地吸引可能的消费者也是机场竞争的目标之一,^[4]针对服务重叠区域的需求,机场竞争服务能力主要体现在航班频率、可供座位数等指标上。

3 引力模型

新开航线可借鉴相似航线数据,使用引力模型分析 O&D 市场需求。

O&D 市场需求由两个城市间的引力产生,基本原理借用牛顿万有引力定理。两个城市之间的 O&D 市场需求量与两个城市的 GDP(或其他经济变量)的乘积成正比,与两个城市间的空运票价(或其他变量)成反比。^[5]

$$T_{ij} = K \frac{(P_i)^{\alpha_1} (P_j)^{\alpha_2}}{d_{ij}^{\beta}} \quad (1)$$

其中, T_{ij} 为城市 i, j 之间的航空运输量; P_i, P_j 为城市 i, j 的 GDP,或其他社会经济变量,如人口、社会消费额、人均 GDP 甚至机场吞吐量等; d_{ij} 为城市 i, j 之间的航程,或航空票价,或其他社会经济变量;

K 为引力系数,为常数,不同的城市之间 K 值也不同; $\alpha_1, \alpha_2, \beta$ 均为参数。引力模型需确定 $K, \alpha_1, \alpha_2, \beta$ 值。

两边取对数,转换为线性方程,通过相似航线历史数据拟合获得相关参数。根据新开航线引力参数和已获得的相关参数,求出新开航线 O&D 市场需求。这里两个城市引力,一般选取为机场服务半径内的引力。

4 QSI 模型

影响航空公司航线市场份额的因素很多,如航班频率、票价、运力、需求、机型、品牌等^[6]。QSI 模型可用于航线市场份额分析,使用影响市场份额的最主要两个因素航班频率和运力(可供座位数)进行分析。这两个因素均为正向影响。

飞机经停和联运的服务权重不同:1)直达航班较联程航班服务好;2)经停越多服务越差;3)同一承运人联程航班比不同承运人联程航班服务好。

表 1 O&D 市场服务权重

服务类型	联运情况	权重 W	备注
无经停		1	
1 次经停	直达(同机)	0.5	同一承运人
2 次经停		0.2	
1 次经停(同一承运人)		0.15	
2 次经停(同一承运人)	联程(转机)	0.05	不同承运人
1 次经停(不同承运人)		0.1	
2 次经停(不同承运人)		0.03	

上述权重也可以考虑因品牌、常旅客、联程是否换机场或候机楼等进行微调,同样也可以基于历史数据用统计方法估算。这与 S 曲线模型的航班权重描述颇为接近,即直飞航班权重为 1,1 次经停航班权重为 0.2~0.3 之间取值,而联程航班权重通常为 0.05~0.1^[6]。

O&D 市场上频率份额为:

$$S_i = (\text{Freq}_i \times W_i) / \sum_{j=1}^n (\text{Freq}_j \times W_j), \quad i \in \{j \mid j = 1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

其中, S_i 为承运人 i 在 O&D 市场的频率份额; $\text{Freq}_i, \text{Freq}_j$ 为承运人在 O&D 市场的航班频率; W_i, W_j 为承运人在 O&D 市场的服务权重。

O&D 市场上可供座位数份额为：

$$C_i = (\text{Seat}_i \times \text{Freq}_i \times W_i) / \sum_{j=1}^n (\text{Seat}_j \times \text{Freq}_j \times W_j), \quad i \in \{j | j = 1, 2, \dots, n\} \quad (3)$$

其中, C_i 为承运人 i 在 O&D 市场的频率份额；

$\text{Seat}_i, \text{Seat}_j$ 为承运人在 O&D 市场的机型座位数。

O&D 市场上需求份额为：

$$\text{MKT_Share}_i = S_i \times F_w + C_i \times C_w \quad (4)$$

其中, F_w, C_w 为频率份额和可供座位数份额权重。

权重通常采用 50/50、75/25、25/75、80/20 和 100/0。一般需考虑：1) 商务市场具有较高的频率权重；2) 休闲市场具有较高的载量权重；3) 国内市场，载量权重十分低；4) 夏季航班和高峰期间的载量权重较高，冬季航班的载量权重较低或者为 0。

传统 QSI 模型偏重估算新增航班带来的影响，但需要估算新增航班后对总需求带来的增加。由于长程旅客多数选用航空出行，因而新增航班对于该航段存在需求改变但对于该航段所有相关 O&D 市场需求总和影响不显著。因而针对国际新航线开航时不需要估算新增航班后对总需求带来的增加，或可忽略。

5 旅客溢出

5.1 需求分布

旅客需求包括实现的需求，即运量，和拒绝的需求，即溢出。

在客观实际中，有许多随机变量，它们是由大量相互独立的随机因素综合影响所形成的，而其中每一个因素在总的影响中所起的作用都是微小的，这种随机变量往往近似地服从正态分布，这种现象就是中心极限定理的客观背景。

旅客需求基本满足正态分布。通过正态分布的均值和标准差来描述旅客需求。均值越大，表明需求越大，反之则需求越小；标准差越大，表明需求波动越大，越分散，反之则需求波动越小，越集中。^[7-9]

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (5)$$

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}}{n} \quad (6)$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} \quad (7)$$

式(5) ~ (7)中, μ 为需求均值, x_i 为每次需求, δ 为需求方差, $f(x)$ 为需求发布密度函数。

可提供的飞机座位数少于预测的旅客需求, 即发生旅客溢出。由于客座率需求是正态分布, 因此无论飞机座位数有多大, 理论上都会有旅客溢出, 如图 1 所示。

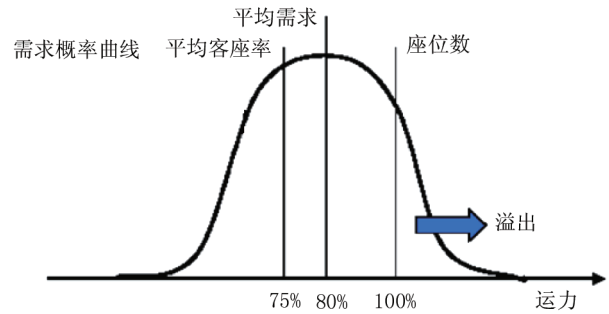


图 1 旅客需求与溢出示意图

航班提供的座位数为 S , 则当需求小于等于航班座位数 S 时, 能够运输的旅客数为需求数, 当需求大于航班座位数 S 时, 能够运输的旅客数为座位数。一般认为需求在 50 或 70 以上, 则可使用正态 Γ 分布; 小需求可采用 Γ 分布、对数正态分布或截断正态分布。

$$\begin{aligned} \bar{p} &= \int_{-\infty}^S x \cdot f(x) dx + S \cdot \int_S^{+\infty} f(x) dx \\ &= \int_{-\infty}^S x \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} dx + S \cdot \int_S^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} dx \quad (8) \end{aligned}$$

其中, \bar{p} 为平均旅客数。

$$\begin{aligned} SP &= \int_S^{+\infty} (x - S) \cdot f(x) dx \\ &= \int_S^{+\infty} x \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} dx - S \cdot \int_S^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} dx \quad (9) \end{aligned}$$

其中, SP 为溢出旅客数。

$$\frac{\bar{p}}{S} = \frac{1}{S} \int_{-\infty}^S x \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} dx + \int_S^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} dx \quad (10)$$

$$\begin{aligned} LF &= \frac{-K \cdot DF}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\frac{1}{K \cdot DF} - \frac{1}{K})^2}{2}} + 1 - \\ &= (1 - DF) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{1}{K \cdot DF} - \frac{1}{K}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (11) \end{aligned}$$

$$SP = S(DF - LF) = S\left(\frac{\mu}{S} - \frac{\bar{p}}{S}\right) = \mu - \bar{p} \quad (12)$$

其中, $LF = \frac{\bar{p}}{S}$ 为客座率, $DF = \frac{\mu}{S}$ 为需求率, $K =$

$\frac{\delta}{\mu}$ 为 K 因子。

正态分布累积概率可近似指数函数。

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{1.7 \times \frac{x-\mu}{\delta}}} \quad (13)$$

对于需求正态分布 SP 的近似指数函数如下。

$$SP = \int_s^{+\infty} F(x) dx = \delta \int_{\frac{s-\mu}{\delta}}^{+\infty} F(t) dt$$

$$= \frac{\delta}{1.7} \times \ln(1 + e^{-1.7 \times \frac{s-\mu}{\delta}}) \quad (14)$$

这样就便于用表格运算。

5.2 K 因子

K 因子由 K -cyclic 和 K -random 两部分组成。^[9] 典型 K -cyclic 值如表 2 所示。

表 2 典型 K -cyclic 值

类型	日	月(每天)	季度	年(每月)
单个航段	0.00	0.30	0.32	0.36
多个飞机	0.18	0.35	0.37	0.40
整个机队	0.32	0.44	0.45	0.48

对于 K -random, 则影响不同。如果个体之间的出行是相关的, 则 K 因子增加。这意味着降低伯努利试验的次数。伯努利试验是在同样的条件下重复地、各次之间相互独立地进行一种试验。航空出行近似于伯努利掷硬币试验, 服从二项分布, P 值较小即:

$$P\{X = k\} = C_n^k p^k (1-p)^{n-k} \quad (k = 0, 1, \dots, n) \quad (15)$$

$$EX = np, DX = np(1-p) \approx np = EX \quad (16)$$

$$K = \frac{\sqrt{DX}}{EX} = \frac{\sqrt{np(1-p)}}{np} = \sqrt{\frac{1-p}{np}} \approx \sqrt{\frac{1}{\mu}} \quad (17)$$

当 n 减小时 K 增大。即个体出行相关时, n 减小 K 增大。一般由于 p 值较小, 因此 $\delta = \sqrt{\mu}$ 。

对于 G 组出行的需求,

$$EX_i = \frac{np}{G}, DX_i = \frac{np(1-p)}{G}, i = 1, 2, \dots, G$$

$$EX = G \cdot EX_i = G \cdot \frac{np}{G} = np$$

$$DX = G^2 \cdot DX_i = G^2 \cdot \frac{np(1-p)}{G} = Gnp(1-p) \approx G \cdot EX$$

$$K = \frac{\sqrt{DX}}{EX} = \frac{\sqrt{Gnp(1-p)}}{np} \approx \frac{\sqrt{G \cdot EX}}{EX} = \sqrt{\frac{G}{\mu}}$$

平均组数一般为 2, 因此 K -random 为:

$$K_{\text{random}} = \frac{\delta_{\text{random}}}{\mu} = \frac{\sqrt{2\mu}}{\mu} = \sqrt{\frac{2}{\mu}} \quad (18)$$

K -cyclic 与 K -random 独立, 根据正态分布的和

分布计算可得:

$$\delta_{\text{factor}} = \sqrt{\delta_{\text{cyclic}}^2 + \delta_{\text{random}}^2} \quad (19)$$

$$K_{\text{factor}} = \sqrt{K_{\text{cyclic}}^2 + K_{\text{random}}^2} \quad (20)$$

例如, 当 $K_{\text{cyclic}} = 0.3, \mu = 100$ 时, $K_{\text{factor}} = 0.33$ 。需求较大时, K -cyclic 的影响较小。如图 2 所示。

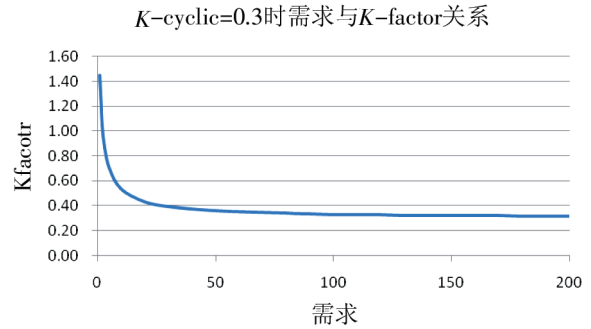


图 2 K -cyclic = 0.3 时需求与 K -factor 关系

实践统计时采用以下公式获取 K 因子。用中位数代表需求均值, 中位数与上四分位数的差代表标准差。

$$K_{\text{factor}} = (L_{50} - L_{25} + 1) / (0.674 \times L_{50}) \quad (21)$$

其中, L_{50} 为中位数; L_{25} 为上四分位数。

但样本需要是低客座率的月份, 且需要多个月进行平均。单个航段 K 因子难以正确估算。所以一般可使用表 2 数据。由于不同出行目的(公商务或休闲)之间有点独立且略负相关(相同的人有不同的出行目的), 因此对于单一出行目的市场, K 因子比表 2 大 20%。

5.3 C 因子

因为 No show、超订和拒绝登机等因素, 同时为了给高收益旅客预留座位, 飞机存在座位虚耗。^[9]

$$\text{Spoilage} = C_{\text{factor}} \times \sqrt{S} \quad (22)$$

C 因子一般在 0.5 ~ 1 之间。0.5 为特殊情况, 0.7 为单一票价情况, 0.85 是大多数情况, 1 是美国国内市场情况即票价折扣幅度较大。当折扣票价力度加大时, C 因子增加。

计算平均旅客数、溢出人数时使用有效座位数, 即扣除座位虚耗。计算需求率、客座率和溢出率时使用全部座位数。

6 案例应用

上述系列模型应用时将涉及大量数据处理, 且需要以完整的历年运力、运量乃至经济数据为基

础,因此一般使用系统或软件完成计算。这里为了说明其可行性,将案例适度简化。用山东航空公司宽体客机引进进行验证。山航拥有 90 余架波音 737 系列飞机,机队规模仅次于四大航、川航和厦航,已基本达到可论证引进宽体客机的规模,且上述六家航空公司均已引进宽体客机。

宽体客机运营需要强有力的基地网络支持。山航运力分配前三的机场分别为青岛、济南和厦门。济南机场 2015 年吞吐量仅为 952 万人次,不足以支撑国际航线。厦门机场是厦门航空主基地,且山航市场份额仅 10% 左右。因此以 2015 年吞吐量为 1 820 万的青岛机场为始发机场。

中国国际航线前几位分别是东北亚、东南亚、北美和欧洲等。其中亚洲区域使用单通道飞机可满足运营,运营宽体机可先暂不考虑。再考虑到青岛位于东部沿海,对内陆城市去欧洲的绕航系数较高,因而选择北美为目标市场。再选择北美与中国航线频率最高的洛杉矶为目的机场。

根据表 1 和航权限制,选择青岛-洛杉矶相关 O&D 市场,即与青岛机场有直航的中国国内城市和与洛杉矶有直航的美国国内城市之间的所有 O&D 市场。青岛机场相关共 54 个机场,山航有航班的

36 个机场;洛杉矶机场相关 109 个机场。另根据引力模型的基本理论可知,青岛始发经洛杉矶连接美国国内航点,即下游市场的需求量较小;中国国内航点始发经青岛连接洛杉矶,即上游市场的需求量较大;基于青岛非枢纽机场,因而过桥市场也可忽略不计。因此,青岛-洛杉矶航段主要需求贡献来自于中国国内航点。由于连接很多,选取其中典型的两个进行说明,即青岛-洛杉矶、重庆-洛杉矶。O&D 需求均来自于历史数据,未考虑新开航线引力模型的效应,即青岛机场服务半径的影响等,这将考虑对于辽东半岛的 O&D 需求覆盖。如图 3 所示。

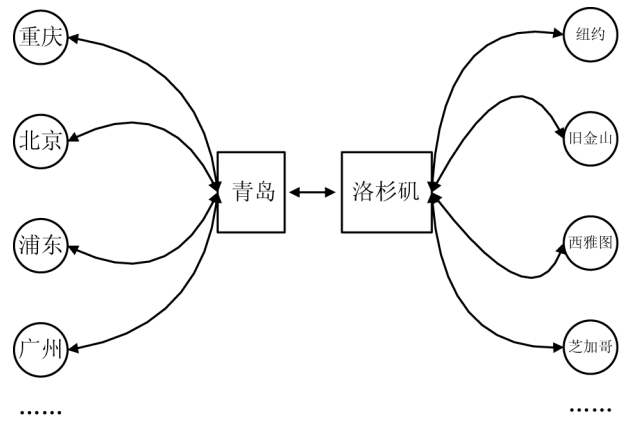


图 3 青岛-洛杉矶航段相关 O&D 市场

表 3 2016 年 9 月青岛-洛杉矶、重庆-洛杉矶 O&D 和航班分析(数据来源:IATA、OAG)

O&D	经停	航空公司	旅客数/人次	票价/美元	日航班频率/次	座位数/个	权重
青岛-洛杉矶	首尔	大韩航空	686	605	2	229	0.15
	北京	国航	333	628	2.7	251	0.15
	首尔	韩亚航空	332	454	2	171	0.15
	浦东	东航	181	428	1.9	218	0.15
	广州	南航	113	564	1.5	332	0.15
	香港	国泰/港龙	96	877	1.6	254	0.1
	其他		169	-	-	-	-
	合计/平均		1 910	561	-	-	-
重庆-洛杉矶	北京	国航	423	472	2.7	311	0.15
	广州	南航	338	499	1.5	341	0.15
	浦东	东航	180	543	1.9	321	0.15
	北京	国航/山航	75	585	1.1	167	0.1
	香港	国泰/港龙	73	508	1	167	0.1
	其他		107	-	-	-	-
	合计/平均		1 196	497	-	-	-

注:日航班频率和平均座位数均选择联程航线较小值,并考虑航班均有效连接。

初步判断青岛-洛杉矶以休闲旅客为主,选取25/75进行分析。若山航开通重庆-青岛-洛杉矶航线,每天1班,平均座位数250个。根据QSI模型计算,山航在青岛-洛杉矶O&D市场份额为38.2%,在重庆-洛杉矶O&D市场份额为33.1%,则青岛-洛杉矶航线旅客数为1126人/月。若航班频率降为半开即每天0.5班,则旅客数降为714人/月。

用相同的方法对其他所有青岛-洛杉矶相关O&D市场进行相关分析,汇总可获得青岛-洛杉矶航线总旅客数。当每天1班时,旅客数约为4000人/月;当每天0.5班时,旅客数为2500人/月。另外,该航线还可服务于重庆-青岛O&D旅客,根据航线距离比例14.5%,折合约可贡献700~800人/月。

取休闲市场特征 $K=0.4$, $C=0.85$,对客座率进行分析。每天1班时,客座率为62%;每天0.5班时,客座率为72%。

通过分析可知,山航若引进宽体机运营北美航线,首开航线可选择重庆-青岛-洛杉矶,每周半开即2~3班。经过O&D需求分析发现,与该航线直接相关的3条O&D市场重庆-青岛、重庆-洛杉矶、青岛-洛杉矶贡献度仅40%。航班时刻安排时需增加贡献度大的O&D市场的有效连接性,如郑州、天津、西安等城市。后续还需扩大青岛机场的服务半径,增强对于青岛始发旅客的吸引。同时适当考虑加入航空联盟,扩大航线网络提升服务权重。当然论证引进宽体客机还需要更多的可运营航线支撑,但航线级分析方法类似。

比对厦航使用波音787飞机运营深圳-厦门-洛杉矶的航线,2016年9月厦门-洛杉矶的总需求仅700人次,深圳-洛杉矶的总需求仅713人次,远低于青岛-洛杉矶和重庆-洛杉矶。因此,可从另一个侧面验证本案例的可信度。

7 结论

市场分析不同于工程技术,没有绝对的黑与白,运营模式也可以多样化以满足不同的市场需求,包括旅客的分类和质量等。例如国际旅客还有个人探亲访友类(VFR),印度就是全球最大的该类特征旅客市场。对于需求旺盛市场也不需要如此精细的分析,例如对于国内市场。国际航线开拓甚至还有政治因素的影响。但市场需求仍是航空运输的根本,本文总结出的一套适用于宽体客机新航线市场需求分析的方法仍将行之有效。

参考文献:

- [1] 俞桂杰. 航空公司航线决策中的旅客需求研究[D]. 北京:中国民航大学,2007.
- [2] 张桥艳. 航线收益影响因素与预测方法研究[D]. 四川:中国民用航空飞行学院,2011.
- [3] 都业富. 航空运输管理预测[M]. 北京:中国民航出版社,2001.
- [4] 黄佳. 机场枢纽与竞争力[M]. 北京:北京交通大学出版社,2011.
- [5] TOBIAS Grosche, FRANZ Rothlauf, ARMIN Heinzl. Gravity models for airline passenger volume estimation [J]. Journal of Air Transport Management, 2007, 13:175-183.
- [6] 彼得·贝罗巴巴,阿梅迪奥·奥多尼,辛西娅·巴恩哈特著. 赵维善译. 汤小平校. 全球航空业[M]. 上海:上海交通大学出版社,2010.
- [7] WILLIAM M Swan. Airline Demand; Passenger Revenue Management and Spill [J]. Transportation Research Part E, 2002, 38: 253-263.
- [8] 张伟. 客座率浅析[J]. 民用飞机设计与研究,2013增刊:141-146.
- [9] WILLIAM M Swan. Spill Modeling for Airlines [R]. Boeing Marketing, 1998, 9.

作者简介

张 伟 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:市场研究、客户需求。Tel: 021-20880472;E-mail: zhangwei1@comac.cc